

補助事業番号 2021M-171

補助事業名 2021年度 貨物用モノレールの高度化に関する研究 補助事業

補助事業者名 独立行政法人国立高等専門学校機構 奈良工業高等専門学校 須田敦

1 研究の概要

貨物用モノレールの進行方向を切り替えるためのポイント切り替え装置をマイコン制御により自動的に行う。さらに、分岐器の根本設計を変更する。

2 研究の目的と背景

建設業や林業では貨物用モノレールが活躍している。貨物用モノレールでは進行方向を切り替えるためのポイント切り替え装置は旅客用モノレールや鉄道とは違った機構となっている。貨物用モノレールの分岐器は、現状では手動によるポイント切り替えが行われており脱線などの事故が多く発生している。そこで、マイコン制御により切り替え作業を自動的に行う分岐器を提案する。さらに、レールが繋がっていない場合に分岐器に進入できないよう、分岐器の根本設計を変更する。

3 研究内容

(1) 貨物用モノレールの高度化に関する設計

(<https://sites.google.com/class.mech.nara-k.ac.jp/sudalab-keirin/>)

貨物用モノレールの分岐器は、図1のように、レールが配置してあり、中央部分の2本のレールが相対位置を変えずに、図中の矢印の方向に平行移動することで、方向を切り替えることができる。

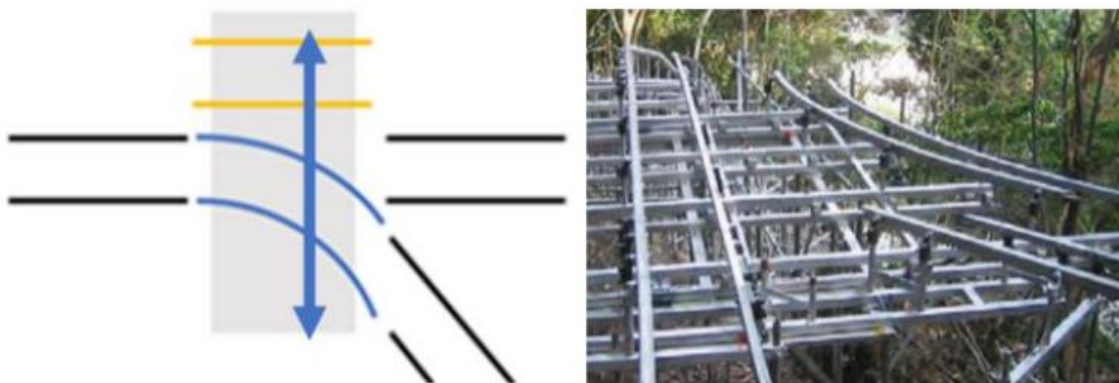


図1 貨物用モノレールの分岐器

図2の矢印で示す場所に誤進入防止用の板(防止柵)が設けられており、レールが繋がっていない場合は防止柵のところで停止する仕組みになっている。

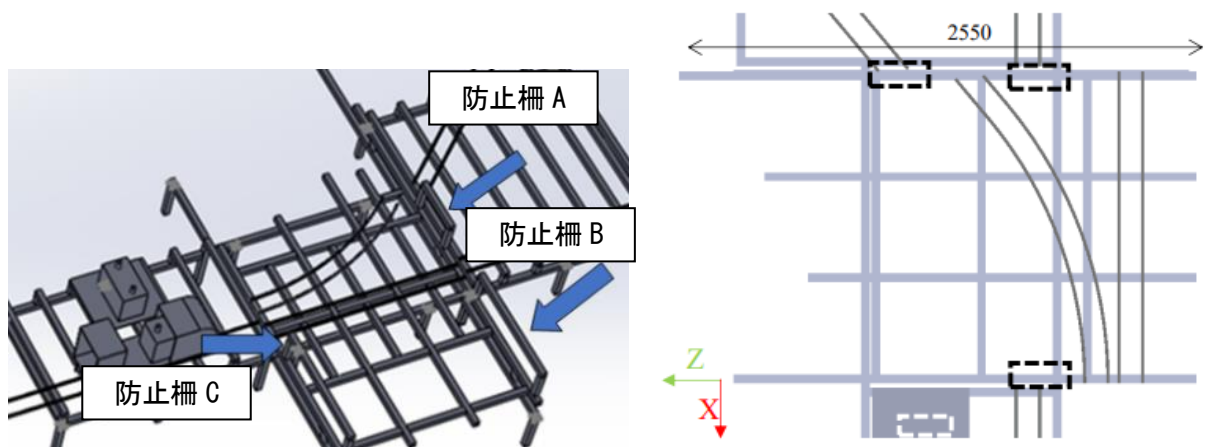
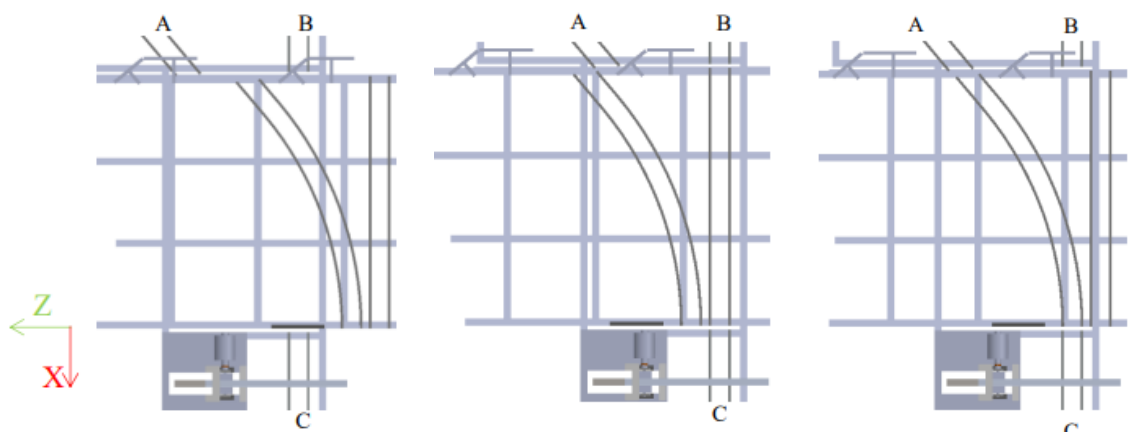


図3 誤進入防止機構

モノレールの進入方向と誤進入防止柵の位置関係を図5に示す。動きは図4(a)～(c)の三段階の閉鎖の形としている。図4(a)はどのレールもつながっておらず、防止柵で閉鎖している状態である。図4(b)は、斜め方向から(A方向から)モノレールが進入しようとしたときにレールがつながっていない場合を示している。また、図4(c)は、直進方向から(B方向から)進入しようとしたときにレールが繋がっていない場合を示している。いずれの場合も、誤進入防止柵がバンパーに干渉するように板の位置と長さを設定している。



(a) A・B共に繋がっていない (b) Aが繋がっていない (c) Bが繋がっていない

図4 誤進入防止柵の位置とモノレールの進入方向

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

鉄塔建て替え工事、法面对策工事、地すべり防止工事、小水力発電所改修工事、橋梁下部工事、など多岐にわたり応用が可能である。

高いレベルの経済生産性と言う観点でSDGs8.2の、働きがいのある人間らしい仕事という観点でSDGs8.5の、雇用創出と言う観点でSDGs8.9の達成に貢献。災害に対する強靭さ(レジリエンス)と言う観点でSDGs11.bの達成に貢献。持続可能な森林経営と言う観点でSDGs15.bの達成に貢献。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

2014年5月まで企業の研究開発室で勤務し、産業用キャスター・台車に関する研究に従事。振動抑制や衝撃吸収を目的とした能動制御キャスターの研究に従事。センサによる計測、マイコンを使ったモータ制御のメカトロニクス分野に含まれる。緩衝機構・緩衝装置・緩衝材料に関する研究に従事。機械要素設計(機械を構成するものとなる機械部品設計)や機構設計に含まれる。設計製図教育、実験実習、などに従事。

今回研究は貨物用モノレールをメカトロニクス技術を用いて高度化することである。これには機械要素設計や機構設計が含まれる。設計ツールとして3D-CADを用い、設計製図教育につながる。センサによる計測やモータ制御は実験実習につながる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

大西 慧太, 室巻 孝郎, 須田 敦: 5インチゲージのレールを用いた産業用モノレールのポイント切り替え装置の設計, 公益社団法人日本設計工学会関西支部2021年度研究発表講演会講演論文集(2022), pp.13-14.

https://drive.google.com/file/d/1jd91BkFchkM7dUCx84Lu9baRekYdbP/view?usp=share_link

A3-1

公益社団法人 日本設計工学会 関西支部
2021年度 研究発表講演会 講演論文集

公益社団法人 日本設計工学会 関西支部
2021年度 研究発表講演会 講演論文集

5インチゲージのレールを用いた産業用モノレールのポイント切り替え装置の設計

Design of industrial monorail switching device using 5-inch gauge rails

○大西 慧太 (舞鶴工業高等専門学校, Keita ONISHI) ※
室巻 孝郎 (正, 舞鶴工業高等専門学校, Takao MUROMAKI)
須田 敦 (正, 舞鶴工業高等専門学校, Atsushi SUDA)

1 はじめに

建設業、林業、農業などでは、産業用モノレールが活躍している。その産業用モノレールでは、進行方向を切り替えるためのポイント切り替え装置(以下、分岐器)が重要となる。産業用モノレールや鉄道とは違った特徴となっている。産業用モノレールの分岐器は、現状では手動によるポイント切り替えが行われており、レールの切り替えが不完全なまま車輪が進入することで、脱線事故につながる事故が多発している。これに対し、筆者らは、マイコン制御による切り替え作業を自動的に行う分岐器を開発し、レールの切り替えが不完全になることを防ぐことができる。しかし、レールの切り替え状態を正確に感知することについては考慮されておらず、分岐器に誤進入することを防止する対策が取られていない。

そこで、本研究では、レールが繋がっていない場合に分岐器に進入できないよう、改良設計を行う。また、意外に分岐器を設置する事ができるようにするため、掘削や支柱の組み込み、レールを掘削する構造を採用する。支柱を付けることで平坦な掘削でなくても設置できる。さらに、実際の掘削現場に近い条件で動作確認を行うことができるようにする。

2 既存分岐器と従来研究

2.1 既存分岐器
産業用モノレールの分岐器は、旅客用モノレールや鉄道とは違った構造となっている。旅客用モノレールや鉄道の分岐器では、1本のレールが動くことで、進行方向を切り替えることができる。これに対し、産業用モノレールの分岐器は、図1のように、レールが配置されており、中央部分の2本のレールが相対位置を変え、進行方向の方向に平行移動することで、方向を切り替えることができる。これまで産業用モノレールの分岐器は、運転手が一定距離から降りて力を入れて動かす必要があり、1分程度において、レール同士が接触していない、また分岐器が変更されたことを認識して進入する、という人為的ミスにより事故が発生している。特に、掘削により後方の視界が遮られることが原因となっている。

日本設計工学会関西支部2021年度研究発表講演論文集(2022)年3月11日

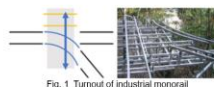


Fig. 1 Turnout of industrial monorail

2.2 従来研究で提案された分岐器
前述で述べた問題点について、レール同士の不正接触を無くすため、マイコン制御を導入した従来研究の分岐器を図2に示す。この分岐器は3分の1スケールのモデルとなっており、アルミニウムで組み立てられた構造で、分岐器のレールを配置している。背面には、モータとラックが設置されており、Arduino UNO と Adafruit Motor Shield v2 を用いて、モータの回転速度および回転方向を制御することで切り替え作業を行う。レールが駆動してレールが移動することにより、正確な位置決めを実現していた。

一方、従来研究の分岐器については、移動用のキャスターが地面と直接接触しているため、地面が固く平坦な室内でしか使用できないことが課題となっていた。



Fig. 2 Automatic movement model of turnout

3 提案する分岐器

3.1 提案モデルの概要
2章で述べた問題点に対して対策を講じて設計した分岐器の概観を図3に示す。今回の設計では、金

属製の5インチゲージ軌道用レールを用いた2分の1スケールのモデルとしている。想定荷重は、レール・高脚・人の体重の合計で約700Nであり、その荷重に十分に耐えることができるように、図3中の規格は断面40×40mmのアルミレールを使用する。分岐器の大きさは、1500mm×2000mmである。図3の①と②は、5インチゲージ用のレールとモータである。レール幅よりも広く土台のベースを確保することにより、レールの切り替え作業の自動化において必要になるパンタリやPLC制御装置などを設置できるようにしている。中央の③は2層構造になっており、上層部には図3の④の方向にスライド移動することで、進行方向を変えることができるようになっている。下層部には、チェーンとモータを取り付け、分岐器の駆動ができるようにしている。この2層構造により、掘削現場に設置できる。また、掘削現場でも設置できるように、掘削現場の土台はそれぞれ接合できるようにしており、相対位置がずれないようにしている。

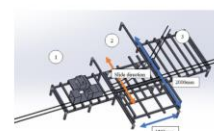


Fig. 3 CAD model of turnout

3.2 脱線防止機構の設置

レールが繋がっていない状態で進入することを防ぐ機構として、図4の矢印で示した箇所は誤進入防止用の板を設置する。実際の車両には、図5に示すように車体前方に非常停止用のパンタリが設置されている。前方に障害物があった際には、パンタリが障害物と接触することで非常停止する。そこで、レールが繋がっていない状態で車両が進入しようとするとき、車体前方のパンタリに干渉するように板のサイズと配置を決定した。図6は、誤進入防止用の板とモノレールの進入方向を表した図である。



Fig. 4 Protective frame for entry prohibition

図6 左は直進方向のレールが繋がっているときに、斜め方向から進入する場合。図6 右は斜め方向のレールが繋がっているときに、直進方向から進入する場合を示している。矢印で示すように、レールが接触されていない方向から誤進入しようにすると、非常停止用のパンタリと誤進入防止用の板が干渉するように配置している。



Fig. 5 Actual safety device

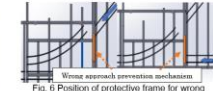


Fig. 6 Position of protective frame for wrong approach prevention

本研究では、5インチゲージ仕様の分岐器と新たな脱線防止機構を設計した。さらに、掘削現場に設置できるようにすることで、実際の産業用モノレールに近い状況を再現できるようにすることができた。この機構の設置と分岐器の切り替えの自動化により、分岐器に進入することによる脱線事故を低減し、安全性を高めることができると考え、今後の山間部の傾斜地などで実証実験を行う予定である。

謝辞

本研究の一部はJKA 補助事業 2021M-171 の補助を受けたものである。

参考文献

- 1) 大西, 須田, 室巻: 産業用モノレール分岐器の自動化. 日本設計工学会関西支部 2020 年度研究発表講演会講演論文集(2021), pp.53-55.
- 2) 内田産業株式会社. H-3000 工事用大型モノレールメーカーの内田産業(online), available from: <https://monorail.co.jp/catalogue/102/>. (参照日 2022 年 1 月 21 日).

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 独立行政法人国立高等専門学校機構 奈良工業高等専門学校 機械工学科
(ドクリツギョウセイホウジンコクリツコウギョウコウトウセンモンガッコウキコウ
ナラコウギョウコウトウセンモンガッコウ キカイコウガクカ)

住 所: 〒639-1080
奈良県大和郡山市矢田町22番地

担 当 者: 准教授 須田敦(スダアツシ)

E - m a i l: a.suda@mech.nara-k.ac.jp

U R L: <https://sites.google.com/class.mech.nara-k.ac.jp/sudalab-keirin/>